

# SIMULASI KENDALI MESIN BERKAS ELEKTRON MENGUNAKAN DEKOPLER DAN PID

Harwikarya<sup>1</sup>, Lingga Hermanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Puslitbang TIR BATAN

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Komputer Universitas Gunadarma

## Abstrak

Mesin berkas elektron dapat dipandang sebagai satu sistem multivariabel dengan dua masukan dan dua keluaran. Dua masukan ialah kecepatan konveyor dan lebar berkas elektron, sedangkan dua keluaran ialah dosis serap dan kuantitas irradiasi. Interaksi antara dua besaran masukan dan keluaran dapat dibuat dengan model orde satu ditambah waktu mati. Simulasi kendali dilakukan dengan menggunakan pendekatan Pade dengan variabel berupa konstanta waktu dan waktu mati serta penguatan statik pada model Mesin Berkas Elektron. Metoda kendali menggunakan teknik Proportional Integral Difrensial. Simulasi dilakukan untuk mengetahui batas harga penalaan kendali. Hasil simulasi menunjukkan Mesin Berkas Elektron dapat dikendalikan dengan baik dengan menjaga batas kestabilan.

## 1. Pendahuluan

Mesin Berkas Elektron merupakan salah satu fasilitas untuk pengembangan teknologi isotop dan radiasi. Keluaran dari mesin berupa berkas elektron dapat digunakan untuk berbagai macam penelitian [1]. Untuk keperluan rancangan kendali otomatis diperlukan persamaan dinamika mesin. Persamaan dinamika mesin dapat dipresentasikan dengan persamaan difrensial dan lebih baik lagi dalam bentuk koefisien tetap[2]. Koefisien pada persamaan tersebut dapat dicari dengan menggunakan identifikasi pada Mesin Berkas Elektron tersebut, tetapi hal ini sangat sulit dilakukan. Satu teknik untuk mempermudah simulasi kendali ialah dengan membuat model persamaan interaksi masukan dan keluaran dengan model persamaan difrensial orde satu ditambah waktu tunda [3,4,5]. Paper ini akan membahas simulasi kendali dengan menggunakan pendekatan Pade dan teknik kendali yang digunakan ialah Proportional Differential Integral.

Mesin Berkas Elektron dapat dipandang sebagai satu sistem multi variabel dengan dua masukan dan dua keluaran. Dua masukan pada sistem ialah kecepatan konveyor dan lebar berkas elektron, sedangkan dua keluaran ialah dosis serap dan kuantitas irradiasi. Persamaan umum antara dua masukan dan dua keluaran ialah [1]

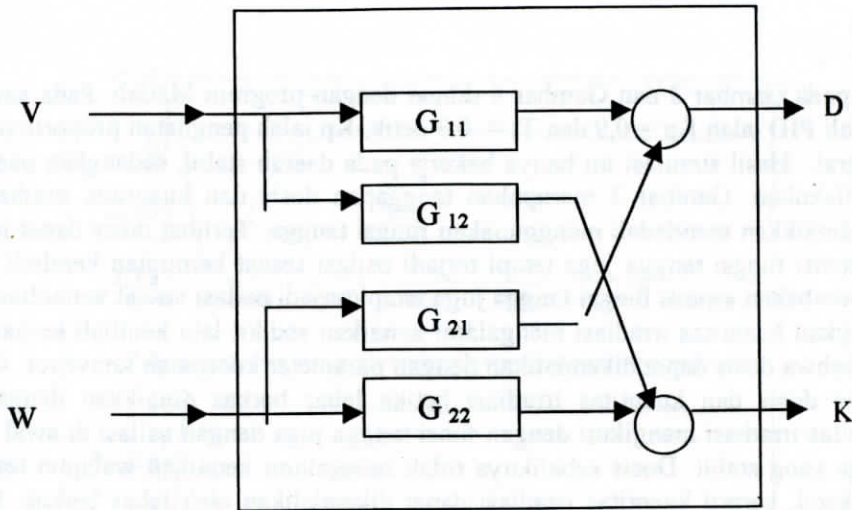
$$\begin{aligned} D &= f(V, W) \\ K &= f(V, W) \end{aligned} \quad (1)$$

Dengan  $D$  = dosis serap ( rad )  
 $K$  = kuantitas irradiasi ( cm<sup>2</sup> / detik )  
 $V$  = kecepatan konveyor ( cm/detik)  
 $W$  = lebar berkas ( cm )

Persamaan (1) di atas merupakan bentuk persamaan multivariabel. Untuk simulasi kendali Mesin Berkas Elektron persamaan (1) tersebut di atas harus diketahui dalam bentuk persamaan difrensial kemudian dengan tranformasi Laplace diubah menjadi bentuk domain frekuensi sehingga dapat disimulasikan dengan teori Pade.

## 2. Metoda

Mesin Berkas Elektron dapat dipresentasikan sebagai sistem multivariabel dengan Gambar 1 di halaman berikutnya. Dua masukan membentuk interaksi pada dua keluaran. Kecepatan konveyor dapat mempengaruhi dosis dan kuantitas iradiasi, demikian pula lebar berkas dapat mempengaruhi dosis dan kuantitas iradiasi.



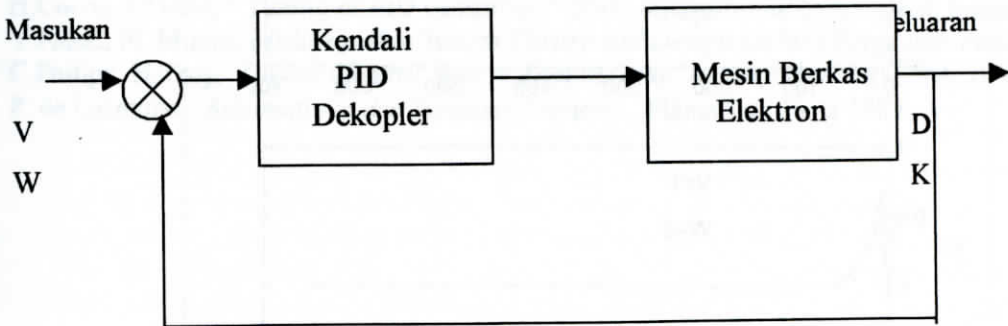
Gambar 1. Diagram blok sistem multivariabel pada MBE.

Gij pada Gambar 1 dengan i dan j = 1,2 merupakan fungsi alih yang menghubungkan antara satu masukan dan satu keluaran. Gij dipresentasikan dalam bentuk Transformasi Laplace dari persamaan orde satu dan waktu tunda seperti pada persamaan (2).

$$G_{ij}(s) = \frac{K_{ij} e^{-t_d s}}{\tau_{ij} s + 1} \tag{2}$$

- Dengan
- Kij = penguatan statik
  - td = waktu mati ( detik )
  - τ ij = konstanta waktu ( detik )
  - i,j = 1 dan 2

Tiga variabel pada persamaan (2) akan digunakan untuk melakukan penalaan pada sistem kontrol dengan menggunakan motoda Ziegler Nichols [6,7]. Selanjutnya struktur Mesin Berkas Elektron dan Kendali otomatisnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem Kendali MBE.

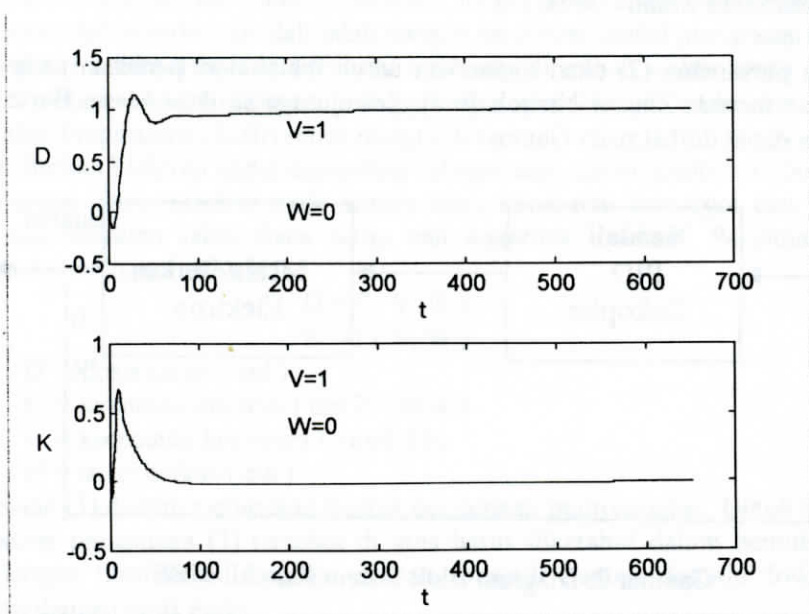
Simulasi dilakukan pada masukan kecepatan konveyor dan lebar berkas elektron. Dua masukan ini disimulasikan terjadi kenaikan secara mendadak dengan fungsi matematik berupa tangga ( step ), lalu dilihat pengaruhnya terhadap dua keluaran yaitu dosis serap dan kuantitas irradiasi. Sistem kendali yang baik ialah jika terjadi kenaikan pada masukan maka keluaran harus dapat mengikuti bentuk masukan dengan kurva yang mendekati perubahan masukan, dalam simulasi ini yaitu fungsi tangga. Bentuk keluaran ini merupakan fungsi penguatan Proportional dan Integral pada kendalinya. Jika dua variabel penguatan ini tidak benar, maka sistem dapat menjadi tidak stabil bahkan tidak terkendali lagi. Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



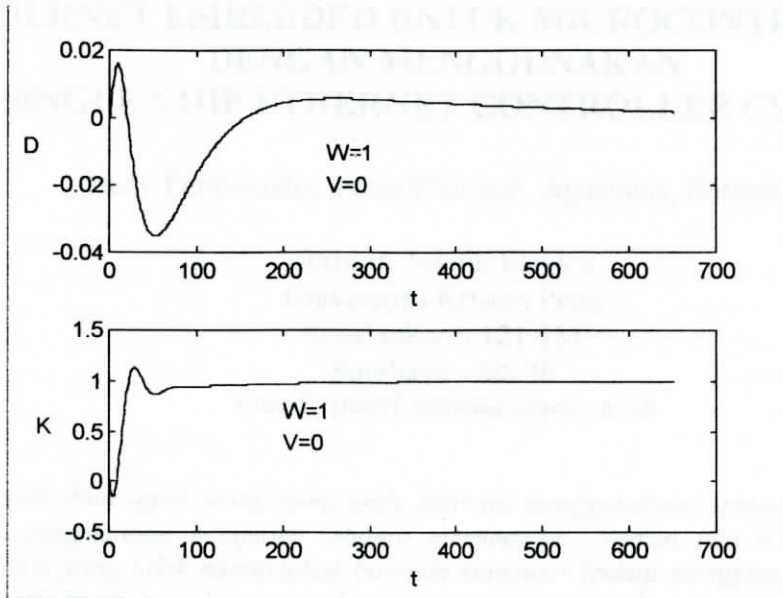
### 3. Pembahasan

Hasil simulasi pada Gambar 3 dan Gambar 4 dibuat dengan program Matlab. Pada simulasi ini penguatan pada kendali PID ialah  $K_p = 0,9$  dan  $T_i = 0.3$  detik.  $K_p$  ialah penguatan proporsional dan  $T_i$  ialah penguatan integral. Hasil simulasi ini hanya bekerja pada daerah stabil, sedangkan pada daerah tidak stabil belum dilakukan. Gambar 3 merupakan tanggapan dosis dan kuantitas irradiasi ketika kecepatan konveyor dinaikkan mendadak menggunakan fungsi tangga. Terlihat dosis dapat mengikuti dengan perubahan seperti fungsi tangga juga tetapi terjadi osilasi sesaat kemudian kembali ke harga yang stabil. dengan perubahan seperti fungsi tangga juga tetapi terjadi osilasi sesaat kemudian kembali ke harga yang stabil. Sedangkan kuantitas irradiasi mengalami kenaikan sedikit lalu kembali ke harga awal. Hal ini menjelaskan bahwa dosis dapat dikendalikan dengan parameter kecepatan konveyor. Gambar 4 merupakan tanggapan dosis dan kuantitas irradiasi ketika lebar berkas dinaikkan dengan fungsi tangga. Terlihat kuantitas irradiasi mengikuti dengan fungsi tangga juga dengan osilasi di awal kenaikan lalu kembali ke harga yang stabil. Dosis sebaliknya tidak mengalami kenaikan walaupun terlihat ada osilasi tetapi sangat kecil, berarti kuantitas irradiasi dapat dikendalikan oleh lebar berkas. Hasil dua simulasi ini menjelaskan bahwa dekopler bekerja dengan baik sehingga dapat dipilih satu masukan hanya mempengaruhi satu keluaran, dengan perkataan lain dekopler berhasil mengurangi interaksi antara dua masukan dan dua keluaran. Dari hasil simulasi ini dapat dipilih kecepatan konveyor hanya mempengaruhi dosis dan lebar berkas hanya mempengaruhi kuantitas irradiasi.

Simulasi ini menggunakan kendali klasik PID karena setelah selesai diharapkan langsung dapat dipakai pada mesin tersebut. Kendali jenis PID ini relatif mudah didapatkan dibandingkan kendali jenis lain. Simulasi ini merupakan tahap awal untuk perancangan sistem kendali Mesin Berkas Elektron. Tahap berikutnya harus dipelajari mengenai dinamika final control element pada dua masukan dan dua keluaran mesin. Masih ada tahapan lain yaitu identifikasi mesin untuk mendapatkan variabel waktu mati, konstanta waktu dan penguatan statik untuk keperluan penalaan variabel kendali PID.



Gambar 3. Tanggapan Dosis (D) dan Kuantitas irradiasi (K) pada gangguan kecepatan konveyor.



Gambar 4. Tanggapan Dosis ( $D$ ) dan kuantitas irradiasi ( $K$ ) terhadap gangguan lebar berkas.

#### 4. Kesimpulan

1. Dekopler dapat mengurangi interaksi lebar berkas pada dosis dan kecepatan konveyor pada kuantitas irradiasi.
2. Sistem bekerja pada daerah stabil dengan  $K_p=0,9$  dan  $T_i=0,3$  detik.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] W.Maksum, Suprpto, Djasiman, Sudijanto, "Perancangan Sistem conveyor untuk MBE 500 keV / 10 mA," Kumpulan makalah Seminar sehari Perancangan MBE, PPNY BATAN, 1996.
- [2] A.Croft, R. Davison, *Engineering Mathematics*, New York:Addison-Wesley, 1992.
- [3] A.Corripio, C.Smith, *Automatic Process Control*, New york:John Willey & Son, 1997.
- [4] H.Coivo, J.Tantu, "Tuning of PID controller," *IFAC International Symposium*, Singapore 1991.
- [5] V.Patel, N. Munro, *Multivariable System Theory and Design*,Oxford:Pergamon Press, 1992.
- [6] C.Philips, H.Troy, *Digital Control System Analysis and Design*, New York:PHI, 1995.
- [7] P. de Larminat, *Automatique des Systemes lineaires* , Flamarion, Paris 1985.